DEVICE AND METHOD FOR IMAGE INSPECTION, AND RECORDING MEDIUM

Patent Number: JP11259657
Publication date: 1999-09-24
Inventor(s): MIYATA YOSHIAKI
Applicant(s): OMRON CORP
Requested Patent: ☐ JP11259657
Application Number: JP19980058232 19980310
Priority Number(s):
IPC Classification: G06T7/00; G06T7/60
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To speedily inspect an object on a circular work which is rotated at an unspecified angle. SOLUTION: Inputted inspection image data are supplied to a polar coordinate converting circuit 42 and a search arithmetic circuit 11. A work circumferential upper model image 21 and a work circumferential right-part model image 24 are supplied from an image data storage circuit 12 to the search arithmetic circuit 11, which searches for positions at the circumference of the work in an inspection image on the basis of the work circumferential upper model image 12 and work circumferential right-part model image 24. An arithmetic circuit 41 calculates the center position of the work from the positions at the circumference. The polar coordinate converting circuit 42 performs the polar coordinate conversion of the work image data of the inspection image data by using the center position of the work. The search arithmetic circuit 11 searches the polar-coordinate converted work image data with a reference inspection object model image 51 having the polar coordinates converted for.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開平11－259657

(43)公開日　平成11年(1999)９月24日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	ＦＩ	
Ｇ０６Ｔ　7/00		Ｇ０６Ｆ　15/70	４５５Ａ
7/60		15/62	４００
		15/70	３６０

審査請求　未請求　請求項の数９　ＯＬ　（全 16 頁）

(21)出願番号　特願平10－58232

(22)出願日　平成10年(1998)３月10日

(71)出願人　000002945
オムロン株式会社
京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72)発明者　宮田　佳昭
京都府京都市右京区花園土堂町10番地　オムロン株式会社内

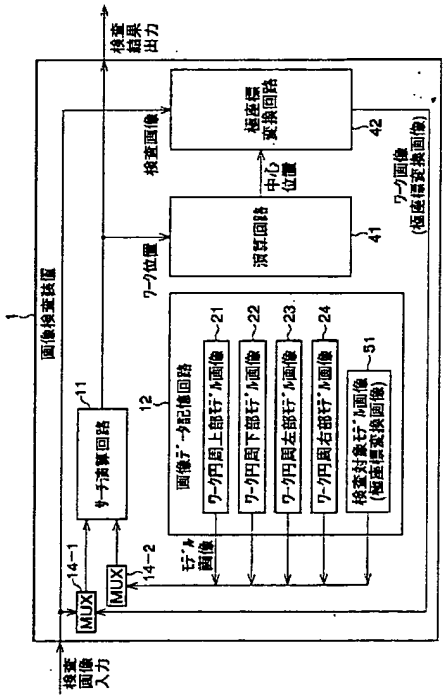
(74)代理人　弁理士　稲本　義雄

(54)【発明の名称】　画像検査装置及び方法、並びに記録媒体

(57)【要約】

【課題】　不定角度の回転を伴う円形のワーク上の対象物を高速に検査する。

【解決手段】　入力された検査画像データは、極座標変換回路４２とサーチ演算回路１１に供給される。画像データ記憶回路１２からワーク円周上部モデル画像２１乃至ワーク円周右部モデル画像２４が、サーチ演算回路１１に供給され、サーチ演算回路１１は、ワーク円周上部モデル画像２１乃至ワーク円周右部モデル画像２４を基に、検査画像内のワークの円周の位置をサーチする。演算回路４１は、円周の位置から、ワークの中心位置を算出する。ワークの中心位置を用いて、極座標変換回路４２が、検査画像データのワーク画像データを極座標変換する。サーチ演算回路１１は、極座標変換されたワーク画像データを、予め極座標変換した基準の検査対象モデル画像５１でサーチする。



【特許請求の範囲】
【請求項１】　不定角度の回転移動を伴う円形のワークの画像データから検査対象物の特定パターンを検出する画像検査装置において、
基準の前記検査対象物の予め極座標変換した画像データを記憶する画像データ記憶手段と、
前記ワークの画像データ上の中心位置を算出する算出手段と、
前記算出手段により算出した前記中心位置を原点として、前記ワークの画像データを極座標変換する極座標変換手段と、
前記ワークの画像データと前記基準の検査対象物の画像データと比較し、前記ワークの画像データから前記検査対象物の特定パターンを検出する検出手段とを備えることを特徴とする画像検査装置。
【請求項２】　前記検出手段は、前記ワークの中心位置から、予め決められた半径以上の範囲のみを比較範囲とすることを特徴とする請求項１に記載の画像検査装置。
【請求項３】　前記検出手段は、前記ワークの中心位置から、予め決められた半径以下の範囲のみを比較範囲とすることを特徴とする請求項１または２に記載の画像検査装置。
【請求項４】　前記検出手段は、前記ワークの画像データの第１の範囲を比較する第１の比較手段と、
前記ワークの画像データの第２の範囲を比較する第２の比較手段とを備えることを特徴とする請求項１、２、または３に記載の画像検査装置。
【請求項５】　前記極座標変換手段は、前記ワークの画像データをワークの円周方向に沿って変換することを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の画像検査装置。
【請求項６】　前記検出手段は、前記ワークの画像データ上のワークの円周方向に対応する直線方向に、極座標変換された前記ワークの画像データと前記基準の検査対象物の画像データを順次比較することを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の画像検査装置。
【請求項７】　前記極座標変換手段は、予め決められた画像データの範囲毎に変換した画像データを順次出力し、
前記検出手段は、前記範囲単位の画像データと前記ワークの画像データとを比較し、前記検査対象物の特定パターンを検出することを特徴とする請求項１乃至６のいずれかに記載の画像検査装置。
【請求項８】　不定角度の回転移動を伴う円形のワークの画像データから検査対象物の特定パターンを検出する画像検査方法において、
基準の前記検査対象物の予め極座標変換した画像データを記憶する画像データ記憶ステップと、
前記ワークの画像データ上の中心位置を算出する算出ステップと、
前記算出ステップで算出した前記中心位置を原点として、前記ワークの画像データを極座標変換する極座標変換ステップと、
前記ワークの画像データと前記基準の検査対象物の画像データと比較し、前記ワークの画像データから前記検査対象物の特定パターンを検出する検出ステップとを含むことを特徴とする画像検査方法。
【請求項９】　不定角度の回転移動を伴う円形のワークの画像データから検査対象の特定パターンを検出する画像検査装置に、
基準の前記検査対象物の予め極座標変換した画像データを記憶する画像データ記憶ステップと、
前記ワークの画像データ上の中心位置を算出する算出ステップと、
前記算出ステップで算出した前記中心位置を原点として、前記ワークの画像データを極座標変換する極座標変換ステップと、
前記ワークの画像データと前記基準の検査対象物の画像データと比較し、前記ワークの画像データから前記検査対象物の特定パターンを検出する検出ステップとを含む処理を実行させるコンピュータが読み取り可能なプログラムが記録されていることを特徴とする記録媒体。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は画像検査装置及び方法、並びに記録媒体に関し、特に、不定角度の回転を伴う円形のワークの画像検査を行うとき、ワークの画像データを極座標変換することにより、高速に検査をすることができるようにした画像検査装置及び方法、並びに記録媒体に関する。
【０００２】
【従来の技術】図２２は従来の画像検査装置の構成例を示すブロック図である。画像検査装置１は、検査画像データを入力し、検査の結果を表わすデータを出力する。画像検査装置１に入力された検査画像データは、画像トリミング回路１３に供給されるとともに、マルチプレクサ（MUX）１４－１を介してサーチ演算回路１１に供給されるようになされている。サーチ演算回路１１からの出力は、画像トリミング回路１３と外部に供給されるようになされている。画像トリミング回路１３の出力は、マルチプレクサ１４－１を介してサーチ演算回路１１に供給されるようになされている。
【０００３】画像データ記憶回路１２は、画像検査動作前に、予め、ワーク円周上部モデル画像２１、ワーク円周下部モデル画像２２、ワーク円周左部モデル画像２３、及び、ワーク円周右部モデル画像２４を記憶すると共に、検査対象モデル画像２５－１乃至検査対象モデル画像２５－Ｎを記憶する。画像データ記憶回路１２に記憶されているこれらのワーク円周上部モデル画像２１乃至ワーク円周右部モデル画像２４、及び、検査対象モデ

ル画像25－1乃至検査対象モデル画像25－Nは、マルチプレクサ14－2を介して、サーチ演算回路11に供給されるようになされている。

【0004】次に、図23のフローチャートを用いて、その動作を説明する。はじめに、ステップS11において、画像検査装置1に、例えばベルトコンベアで搬送される略円柱状の缶詰を上方向よりビデオカメラで撮影した画像データが、検査画像データとして入力される。入力された検査画像データは、マルチプレクサ14－1を介してサーチ演算回路11に供給される。次に、ステップS12において、ワーク円周上部モデル画像21乃至ワーク円周右部モデル画像24が画像データ記憶回路12から読み出され、マルチプレクサ14－2を介してサーチ演算回路11に供給される。サーチ演算回路11は、検査画像データをワーク円周上部モデル画像21乃至ワーク円周右部モデル画像24でサーチする。

【0005】このサーチは、正規化相関サーチの手法を用いて行われる。すなわち、検査画像データ中に1つのモデル画像データと完全に一致する画像データが存在しているときは、画像パターンのマッチングは、双方の画像データの各画素の位置と濃淡値を比較し、位置を特定する比較的簡単な作業となる。しかしながら、実際には、検査画像データは雑音や歪みなどを含むので、検査画像データとモデル画像データのマッチの度合いを示す所定の測度を判定の基準とする。具体的には、以下の正規化相関サーチの式により、判定の基準となるモデル画像に対する検査画像の座標の相関値が、算出される。

【0006】

【数1】

$$S(x,y)=\frac{\{N\cdot\Sigma I(x+i,y+j)M(i,j)-\Sigma I(x+i,y+j)\cdot\Sigma M(i,j)\}^2}{[N\cdot\Sigma I(x+i,y+j)^2-\{\Sigma I(x+i,y+j)\}^2]\cdot[N\cdot\Sigma M(i,j)^2-\{\Sigma M(i,j)\}^2]} \quad (1)$$

【0007】上記式1において、S（x，y）は、検査画像の座標（x，y）にモデル画像を置いたときの検査画像とモデル画像の相関値である。I（x，y）は、検査画像の座標（x，y）での濃淡値である。M（i，j）は、モデル画像の座標（i，j）での濃淡値である。Nは、モデル画像の画素数である。（x，y）は、検査画像の座標である。（i，j）はモデル画像の座標である。

【0008】サーチ演算回路11は、予め決められた閾値以上の相関値が得られた座標で、検査画像とモデル画像がマッチしたと判定する。ステップS13において、求められたワークの円周の位置が画像トリミング回路13に供給さる。画像トリミング回路13は、前記ワークの円周の位置を用いて、検査画像データからワークのみの画像データを取り出す。ワークのみの画像は、マルチプレクサ14－1を介してサーチ演算回路11に供給される。ステップS14において、前記検査対象モデル画像25－1が、サーチ演算回路11に供給される。ステップS15において、サーチ演算回路11は、ワークのみの画像データを対象モデル画像25－1でサーチする。

【0009】ステップS16において、検査対象が検出されたと判定された場合には、画像検査装置1は検査結果を出力して処理を終了する。ステップS16において、対象が検出されなかったと判定された場合、ステップS17に進み、サーチ演算回路11は、画像データ記憶回路12の全ての検査対象モデル画像（検査対象モデル画像25－1乃至検査対象モデル画像25－N）についてサーチを行ったかを調べる。ここで、全ての検査対象モデル画像についてサーチを行っていないと判定された場合、ステップS18に進み、画像データ記憶回路12は次の検査対象モデル（例えば、検査対象モデル画像25－2）をサーチ演算回路11に供給する。その後、ステップS15に戻り、それ以降の処理を繰り返す。

【0010】ステップS17において、全ての検査対象モデル画像についてサーチを行ったと判定された場合、検査対象を検出することが出来なかったことになるので、ステップS19に進み、画像検査装置1はエラー処理を行い処理を終了する。このようにサーチ演算回路11は、画像データ記憶回路12内の検査対象モデル画像で、ワーク画像のサーチを繰り返す。

【0011】次に、図24の缶詰のプルトップリングの有り無しを検出する場合の例を用いて上記の処理を更に具体的に説明する。トリミングされた缶詰の画像のパターン31内のプルトップリングの画像のパターン32を検出するために、画像データ記憶回路12は少しずつ角度を変更したN枚のプルトップリングの検査対象モデル画像（検査対象モデル画像25－1乃至検査対象モデル画像25－N）を記憶する。サーチ演算回路11は、画像データ記憶回路12内のN枚の検査対象モデル画像を用いて、プルトップリング画像のパターン32を検出するまで、サーチ1からサーチNを繰り返す。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来の装置は、検査画像データに対して検査対象モデル画像の数の分だけサーチを繰り返し行うため、検査時間が長くなる課題があった。

【0013】本発明は、このような状況に鑑みてなされたもので、検査を高速に行う装置を提供することを目的とする。

【００１４】
【課題を解決するための手段】請求項１に記載の画像検査装置は、基準の前記検査対象物の予め極座標変換した画像データを記憶する画像データ記憶手段と、ワークの画像データ上の中心位置を算出する算出手段と、算出手段により算出した中心位置を原点として、ワークの画像データを極座標変換する極座標変換手段とを備えることを特徴とする。
【００１５】請求項８に記載の画像検査方法は、基準の検査対象物の予め極座標変換した画像データを記憶する画像データ記憶ステップと、ワークの画像データ上の中心位置を算出する算出ステップと、算出ステップで算出した中心位置を原点として、ワークの画像データを極座標変換する極座標変換ステップと、ワークの画像データと基準の検査対象物の画像データと比較し、ワークの画像データから検査対象物の特定パターンを検出する検出ステップとを含むことを特徴とする。
【００１６】請求項９に記載の記録媒体は、基準の検査対象物の予め極座標変換した画像データを記憶する画像データ記憶ステップと、ワークの画像データ上の中心位置を算出する算出ステップと、算出ステップで算出した中心位置を原点として、ワークの画像データを極座標変換する極座標変換ステップと、ワークの画像データと基準の検査対象物の画像データと比較し、ワークの画像データから検査対象物の特定パターンを検出する検出ステップとを含む処理を実行させるコンピュータが読み取り可能なプログラムが記録されていることを特徴とする。
【００１７】請求項１に記載の画像検査装置、請求項８に記載の画像検査方法、及び請求項９に記載の記録媒体においては、ワークの画像データがワークの中心位置を原点として極座標変換され、予め極座標変換され記憶されている基準の検査対象物の画像データと比較される。
【００１８】
【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を説明するが、特許請求の範囲に記載の発明の各手段と以下の実施の形態との対応関係を明らかにするために、各手段の後の括弧内に対応する実施の形態（但し一例）を付加して本発明の特徴を記述すると、次のようになる。但し勿論この記載は、各手段を記載したものに限定することを意味するものではない。
【００１９】すなわち、請求項１に記載の画像検査装置は、基準の検査対象物の予め極座標変換した画像データを記憶する画像データ記憶手段（例えば、図１の画像データ記憶回路１２）と、ワークの画像データ上の中心位置を算出する算出手段（例えば、図１の演算回路４１）と、算出手段により算出した中心位置を原点として、ワークの画像データを極座標変換する極座標変換手段（例えば、図１の極座標変換回路４２）と、ワークの画像データと基準の検査対象物の画像データと比較し、ワークの画像データから検査対象物の特定パターンを検出する検出手段（例えば、図１のサーチ演算回路１１）とを備えることを特徴とする。
【００２０】請求項４に記載の画像検査装置は、検出手段に、ワークの画像データの第１の範囲を比較する第１の比較手段（例えば、図１７のサーチ演算回路１１－１）とワークの画像データの第２の範囲を比較する第２の比較手段（例えば、図１７のサーチ演算回路１１－２）とを備えることを特徴とする。
【００２１】図１は、本発明の画像検査装置の一実施の形態の構成を示すブロック図であり、図２２における場合と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は適宜省略する。外部から画像検査装置１へ入力された検査画像データは、極座標変換回路４２に供給されると共に、マルチプレクサ１４－１を介してサーチ演算回路１１に供給されるようになされている。サーチ演算回路１１は、ワーク位置を演算し、演算回路４１に供給するようになされている。サーチ演算回路１１から出力されたサーチ結果は、図示せぬ外部の装置にも出力されるようになされている。
【００２２】画像データ記憶回路１２は、ワーク円周上部モデル画像２１、ワーク円周下部モデル画像２２、ワーク円周左部モデル画像２３、ワーク円周右部モデル画像２４、並びに、基準となる検出対象物の画像を予め極座標変換した検査対象モデル画像５１を記憶する。画像データ記憶回路１２の出力は、マルチプレクサ１４－２を介して、サーチ演算回路１１に供給されるようになされている。
【００２３】演算回路４１はワークの中心位置を演算し、極座標変換回路４２に供給するようになされている。極座標変換回路４２は入力された検査画像を極座標変換し、マルチプレクサ１４－１を介してサーチ演算回路１１に供給するようになされている。
【００２４】次に、図２のフローチャートを参照して、画像検査の動作を説明する。はじめに、ステップＳ３１において、入力された検査画像データは、極座標変換回路４２に供給されると共に、マルチプレクサ１４－１を介してサーチ演算回路１１に供給される。
【００２５】ここで、図３は、ベルトコンベアで搬送される缶詰をワークとした場合のプルトップリングの有り無しを検出するときの検査画像パターンの例を表す。画像検査装置１に入力された検査画像データの検査画像パターン６１は、缶詰を表す画像パターン６２と検査対象物となるプルトップリングの画像パターン６３を内部に有している。ここで、検査画像データを取り込むとき、缶詰は不定角度だけ回転しており、プルトップリングの画像パターン６３は検査画像６１に対して不定角度を有する。
【００２６】すなわち、缶詰は、ベルトコンベア上でプルトップリングが任意の方向を向くように配置されるので、缶詰の中心点６４を通るプルトップリングの中心線

６５の検査画像パターン６１の例えば上辺に対する角度は任意の角度となる。なお、缶詰の中心点６４は、缶詰の画像パターンの中心を示す仮想の点であり、実際の画像パターン上にはないが、説明の便宜のために図３に示されている。プルトップリングの中心線６５も同様に仮想の線であるが、この中心線６５は、常に缶詰の中心点６４を通るように、製造時に管理されているものとする。

【００２７】次に、ステップＳ３２において、画像データ記憶回路１２からワーク円周上部モデル画像２１乃至ワーク円周右部モデル画像２４が、マルチプレクサ１４－２を介して、サーチ演算回路１１に供給される。サーチ演算回路１１は、検査画像データをワーク円周上部モデル画像２１乃至ワーク円周右部モデル画像２４でサーチし、ワークの円周の位置を検出し、その位置データを出力する。

【００２８】次に、ステップＳ３３において、サーチ演算回路１１から出力されたワークの円周の位置データが供給されると、演算回路４１は入力された円周の位置データからワークの中心位置を算出する。ステップＳ３４において、極座標変換回路４２は、演算回路４１から出力されたワークの中心位置データを用いて、検査画像データに含まれるワーク画像データを極座標変換する。極座標変換回路４２から出力されたワーク画像データ（極座標変換されている）は、マルチプレクサ１４－１を介して、サーチ演算回路１１に供給される。

【００２９】ここで、図４は、極座標変換前の画像パターン上の点と極座標変換後の画像パターン上の点の位置関係の例を表す。極座標変換前のワークを示す円形の画像７１は、極座標変換後、矩形の画像７２になる。まず、前述のステップＳ３３において、検査画像のワークの中心点P_0座標（x_0，y_0）が求められる。極座標変換前の円形のワーク画像の中心座標（x_0，y_0）は、変換後の矩形画像７２の角の基準点P'_0（x'_0，y'_0）に対応する。極座標変換後の画像は、P'_0を基準に求められる。極座標変換前の円形のワーク画像の中心座標（x_0，y_0）とワーク画像上の任意の円周上の点を結ぶ線７５対し、角度θを持つ極座標変換前の円形のワーク画像上の点P_1（x，y）は、次の式（２）に従ってP'_1（x'，y'）に極座標変換される。

【００３０】

【数２】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x-x_0 \\ y-y_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0' \\ x_0' \end{pmatrix} \qquad (2)$$

$$0 \leq \theta \leq 360^\circ$$

【００３１】円形の画像７１上の全ての点が、式（２）に従って変換されれば、矩形の画像７２が得られる。なお、この極座標変換の前後で、極座標変換後の点P'_1（x'，y'）の有する濃淡値は、対応する極座標変換前の点P_1（x，y）の濃淡値と同じである。

【００３２】図５は、以上の原理に従って、図３の画像パターン６２を極座標変換して得られる画像パターン８１の例を表す。前述のプルトップリングの画像パターン６３は、極座標変換され、画像パターン８２になる。ここで、プルトップリングの画像パターン６３が、全体の画像パターン６１に対して不定角度を持った場合でも、それを極座標変換した画像パターン８２は、画像パターン８１に対して常に一定の角度を保持する。すなわち、図３の中心線６５は、図５において、画像パターン８１の例えば上辺と常に垂直な線８５となる。缶詰の不定角度の回転角は、図５の例では、線８５の矢印８３で示す横方向の移動となって表れる。

【００３３】ステップＳ３５において、サーチ演算回路１１は、マルチプレクサ１４－２を介して検査データ記憶回路１２から検査対象モデル画像５１を取り込み、ワーク画像データを検査対象モデル画像５１でサーチする。このサーチは、ワークの画像データ上のワークの円周方向に対応する直線方向に順次行っても、外周から中心方向に対応する直線方向に順次行ってもよい。画像検査装置１は、サーチの結果が得られるとそれを出力する。

【００３４】以上より、画像データ記憶回路１２には検査対象モデル画像を１個だけ有していればよくなり、その記憶容量が小さくて済むだけでなく、サーチ演算回路１１は、サーチを迅速に行うことができる。

【００３５】図６（Ａ）は、検査対象である文字が缶詰の円周と同心円上にあり、かつ、缶詰の中心から一定距離Ｒ１以上離れて印刷された缶詰の画像パターン９１の例を表す。検査対象の文字の画像パターン９２は、缶詰の画像パターンの中心から半径Ｒ１だけ離れた円９３の内側には位置しない。図６（Ｂ）は、缶詰の画像パターン９１を極座標変換した画像パターン１０１の例を示す。円９３は、極座標変換されると直線１０３に対応する。

【００３６】この例では、極座標変換された検査対象となる文字列１０２は、常に直線１０３より上部に表れる。図１に示す装置で、図６に示すような画像を検査する場合、ステップＳ３４において、極座標変換回路４２は、円９３とワークの画像パターンの外周の間の範囲についてだけ、ワークの画像データを極座標変換する。従って、極座標変換回路４２は、ワークの画像データ全体よりも、小さな画像データを極座標変換するため、より短い時間で変換を終了することができる。更に、サーチ演算回路１１も、扱う画像データが小さくなる為、ワークの画像全体をサーチするよりも、短い時間で処理を終

了することができる。

【００３７】図7（Ａ）は、検査対象である文字が缶詰の円周と同心円上にあり、かつ、缶詰の中心から一定距離Ｒ２以内に印刷された缶詰の画像パターン１１１の例を表す。検査対象の文字の画像パターン１１２は、缶詰の画像パターンの中心から半径Ｒ２だけ離れた円１１３の外側には位置しない。図7（Ｂ）は、缶詰の画像パターン１１１を極座標変換した画像パターン１２１の例を示す。円１１３は、極座標変換されると直線１２３に対応する。

【００３８】この例では、極座標変換された検査対象となる文字列１２２は、常に直線１２３より下部に表れる。そこで、図1に示す装置で図7に示すような画像を検査する場合、ステップＳ３４において、極座標変換回路４２は、円１１３とワークの画像パターンの中心の間の範囲についてだけ、ワークの画像データを極座標変換する。従って、極座標変換回路４２は、ワークの画像データ全体よりも、小さな画像データを極座標変換するため、より短い時間で変換を終了することができる。更に、サーチ演算回路１１も、扱う画像データが少なくなる為、ワークの画像全体をサーチするよりも、短い時間で処理を終了することができる。

【００３９】図8（Ａ）は、検査対象である文字が缶詰の円周と同心円上にあり、かつ、缶詰の中心から一定距離Ｒ３以上離れ、かつ、缶詰の中心から一定距離Ｒ４以内に印刷された缶詰の画像パターン１３１の例を表す。検査対象の文字の画像パターン１３２は、缶詰の画像パターンの中心から半径Ｒ３だけ離れた円１３３の内側、または、缶詰の画像パターンの中心から半径Ｒ４だけ離れた円１３４の外側には位置しない。図8（Ｂ）は、缶詰の画像パターン１３１を極座標変換した画像パターン１４１の例を示す。円１３３は、極座標変換されると直線１４３となる。円１３４は、極座標変換されると直線１４４に対応する。

【００４０】この例では、極座標変換された検査対象となる文字列１４２は、常に直線１４３と直線１４４で囲まれる範囲の内側に表れる。そこで、図1に示す装置で図8に示すような画像を検査する場合、ステップＳ３４において、極座標変換回路４２は、円１３３と円１３４の間の範囲のみ、ワークの画像データを極座標変換する。従って、極座標変換回路４２は、ワークの画像データ全体よりも、小さな画像データを極座標変換するため、より短い時間で変換を終了することができる。更に、サーチ演算回路１１も、扱う画像データが少なくなる為、ワークの画像全体をサーチするよりも、より短い時間で処理を終了することができる。

【００４１】図9は、図1の構成の装置の他の処理例を表している。この例では、検出結果が複数個得られた場合、より正確、かつ、迅速に検査を行うことができるようになされている。ステップＳ６１乃至ステップＳ６４は、図2のステップＳ３１乃至ステップＳ３４に対応する処理なので、その説明は省略する。ステップＳ６５において、サーチ演算回路１１は、極座標変換後のワーク画像データを取り込み、予め極座標変換した検査対象モデル画像５１で取り込みワーク画像データ全体を粗くサーチする。ステップＳ６６において、検査対象モデル画像５１がワーク画像の中に検出されたと判定された場合、手順はステップＳ６７に進む。サーチ演算回路１１は、検査対象モデル画像５１で、検出位置を中心としたワーク画像データの微小範囲を、精密にサーチする。

【００４２】ステップＳ６８において、サーチ演算回路１１は、閾値以上の相関値が複数存在するか否かを判定し、YESと判定された場合、ステップＳ６９に進み、閾値以上の相関値が得られた複数の位置のうち、より外周側の位置を選択し、そのより外周側の領域を再度サーチする。ステップＳ７０において、サーチ演算回路１１は相関値が最大の結果を選択し、画像検査装置１は結果を出力し、処理を終了する。

【００４３】次に、ステップＳ６８において、精密サーチの結果、予め設定した閾値以上の相関値が複数存在しないと判定された場合、ステップＳ７２に進む。ステップＳ７２において、予め設定した閾値以上の相関値が１個あるか否かが判定され、１個あると判定された場合、画像検査装置１は結果を出力し、処理を終了する。ステップＳ７２において、閾値以上の相関値が１個も無いと判定された場合は、ステップＳ７３に進み、画像検査装置１はエラー処理を行って、処理を終了する。ステップＳ６６において、検査対象モデル画像５１がワーク画像内に検出されないと判定された場合、手順はステップＳ７１に進む。ステップＳ７１において、全ワーク画像をサーチしたか否かが判定され、YESと判定された場合、画像検査装置１はエラー処理をして終了する。サーチしていないワーク画像領域があると判定された場合、手順はステップＳ６６に戻り、処理を継続する。

【００４４】この処理は、極座標変換の性質上、変換前のワーク画像の中心座標（x_0，y_0）に近い点ほど、変換後の画像で大きく引き延ばされるため、同じ領域の大きさを持つ画像パターンが有する情報量は中心座標に近いほど少ないという特徴を生かしたものである。この方法は、具体的には、ワークの円周付近に配置された例えば２とＺ、または、１と７などのまぎらわしい文字の識別に効果がある。

【００４５】図１０は、パイプライン処理によりさらに迅速な処理ができるようになされている画像検査装置１の他の実施の形態の構成例を表している。画像データ記憶回路１２は、図１の画像検査装置の例に加えて、予め極座標変換された検査対象上部モデル画像５２を記憶する。この検査対象上部モデル画像５２は、検査対象モデル画像のうちの、外周よりの所定の範囲の画像である。その他の構成は、図１における場合と同様である。

【００４６】次に図１１のフローチャートを参照して、パイプライン処理時の画像検査装置１の動作を説明する。ステップＳ８１乃至ステップＳ８３は、図２のステップＳ３１乃至ステップＳ３３に対応する処理なので、その説明は省略する。ステップＳ８４において、極座標変換回路４２は、入力された検査画像データを最外周において、同心円状に極座標変換し、以下、順次、より内周側を同心円上に極座標変換する。ここで、極座標変換回路４２は、検査画像パターンで見ると、同心円状に１周した時点で、その処理結果を順次出力する。すなわち図１２に示すように、極座標変換回路４２は、より外周側のライン１５２－１から、ライン１５２－２，１５２－３，１５２－４の順番に極座標変換を行い、各ライン毎に変換後のデータを出力する。

【００４７】ステップＳ８５において、サーチ演算回路１１は、画像データ記憶回路１２から検査対象上部モデル画像５２（図１２の画像パターン１５３）を取り込み、極座標変換部分処理結果を検査対象上部モデル画像５２で、粗くサーチする。同時に、サーチ演算回路１１は、検査画像データ全体を極座標変換した出力と同等なデータが得られる様に、順次取り込んだ極座標変換部分処理結果を、内部のメモリ上で結合する。

【００４８】図１３は、この時のパイプライン処理のデータの流れの例を表す。検査画像６１のデータを取り込んだ極座標変換回路４２は、ワーク画像６２に対して同心円１６１－１，１６１－２，１６１－３（図１２のライン１５２－１，１５２－２，１５２－３に対応する）に沿って、極座標変換を順次行う。この時、極座標変換回路４２は、ワーク画像全てを極座標変換してから出力するのではなく、ワーク画像６２の１周分の極座標変換部分処理結果１６２－１，１６２－２，１６２－３（それぞれ、同心円１６１－１，１６１－２，１６１－３に対応する）が得られた時点で、その結果を出力する。サーチ演算回路１１は、検査対象上部モデル画像５２を予め取り込んでおけば、極座標変換部分処理結果１６２－１，１６２－２，１６２－３に対して、順次、サーチを実行することができる。

【００４９】図１４は、パイプライン処理のタイミングチャートの例である。検査画像のデータ１７１を取り込んだ極座標変換回路４２は、極座標変換部分処理結果１７２－１，１７２－２，１７２－３（図１３の１６２－１，１６２－２，１６２－３に対応する）をサーチ演算回路１１に供給する。サーチ演算回路１１は、極座標変換部分処理結果１７２－１，１７２－２，１７２－３を得て、スキャンを実行し、検査結果１７３－１，１７３－２，１７３－３を出力する。従って、極座標変換回路４２とサーチ演算回路１１の動作タイミングは重なり合う。

【００５０】次に、ステップＳ８６において、極座標変換部分処理結果上に検査対象上部モデル画像５２の画像パターン１５３が検出されたか否かを判定し、検出したと判定された場合、手順はステップＳ８７に進む。ステップＳ８７において、サーチ演算回路１１は、ステップＳ８５で得られた検出の位置をもとに、サーチの範囲を算出する。図１２の例では、極座標変換後の画像パターン８１上の、画像パターン１５３が検出された位置を中心として、その下方の範囲１５４がサーチ範囲とされる。サーチ演算回路１１は、画像データ記憶回路１２から検査対象モデル画像５１を取り込み、極座標変換したワーク画像を検査対象モデル画像５１で、算出したサーチ範囲を精密にサーチする。

【００５１】ステップＳ８８において、精密サーチにより得られた相関値が、予め設定した閾値以上であるか否かを判定し、閾値以上であると判定した場合、検出結果を出力して処理は終了する。サーチ演算回路１１の精密サーチにより得られた相関値が、閾値に達しないと判定された場合、手順はステップＳ８９に移動し、画像検査装置１は、エラー処理を行って処理は終了する。

【００５２】ステップＳ８６において、極座標変換部分処理結果に検査対象上部モデル画像５２のパターンが検出されないと判定された場合、手順はステップＳ９０に進む。ステップＳ９０において、全ワーク画像の終端に達しているか否かが判定され、まだ終端に達していないと判定された場合は、ステップＳ８４に戻り、それ以降の処理が継続される。全ワーク画像の終端に達したと判定された場合、手順はステップＳ８９に進み、画像検査装置１は、エラー処理を行って処理は終了する。

【００５３】以上のように、極座標変換回路４２が全ての極座標変換を終了後、サーチ演算回路１１がサーチを行うよりも、サーチ演算回路１１が極座標変換部分処理結果を受け取ってサーチを進めれば、速く検査結果を出力することができる。このパイプライン処理は、例えば文字列などの検査対象がワークの円周に沿って外側に偏って位置している場合、特に有効である。

【００５４】なお、図１５に示すように、極座標変換した画像８１に対して、ワークの回転方向に対応する極座標変換後の画像上の直線方向に長い缶詰上の文字列の画像パターン１８１などを検出する場合は、ワークの回転方向に対応する極座標変換後の画像上の直線方向にスキャン（サーチ）するよりも、ワークの回転方向に対応する極座標変換後の画像上の直線方向に対して直角な方向１８２にスキャン（サーチ）した方が特定パターンを早く検出することができる。

【００５５】図１６は、円形のワーク内に、検査対象物が２つ存在する場合の例を表す。缶詰を表す画像パターン１９１は、検査対象物となるプルトップリングの画像パターン１９２と検査対象物となる日付データの印刷画像パターン１９３を内部に有している。

【００５６】図１７は、この様な複数の検査対象をより高速に検査可能な画像検査装置の一実施の形態の構成を

表す。ここで画像検査装置1は、2つのサーチ演算回路11－1とサーチ演算回路11－2を有する。極座標変換後のワーク画像は、極座標変換回路42から、マルチプレクサ14－3を介してサーチ演算回路11－2に供給されると共に、マルチプレクサ14－3，14－1を介してサーチ演算回路11－1に供給される。また、画像データ記憶回路12内の検査対象モデル画像（図16の画像パターン192に対応する）51－1は、マルチプレクサ14－4、14－2を介してサーチ演算回路11－1に供給される。画像データ記憶回路12内の検査対象モデル画像（図16の画像パターン193に対応する）51－2は、マルチプレクサ14－4を介してサーチ演算回路11－2に、供給される。

【0057】この装置の動作は基本的に図2に示す場合と同様となる。但し、ステップS35において、サーチ演算回路11－1は、極座標変換後のワーク画像を検査対象モデル画像51－1で、サーチ演算回路11－2は、極座標変換後のワーク画像を検査対象モデル画像51－2で、それぞれ独立に、かつ同時にサーチする。この様に、画像検査装置1は、内部に複数のサーチ演算回路を持つことにより、ワーク上の複数の検査対象を1つのサーチ演算回路しかない場合に比較し高速に検査できる。

【0058】図18は、円形のワーク内に検査を必要とする検査対象物と、検査対象物との位置関係が予め決められているが、検査を必要としない非検査対象物を持つ画像パターンの例を表す。この例では、ワークである缶詰の画像パターン201内の検査対象物であるプルタブの画像パターン202の位置の範囲は、検査を必要としない非検査対象物である飲み口の画像パターン203の位置により予測できる。

【0059】図19は、図18に示したような非検査対象物に対して位置関係が決まっている検査対象物を持つワークの検査に適した画像検査装置の一実施の形態の構成を示すブロック図である。サーチ演算回路11－2のサーチ範囲の出力は、サーチ演算回路11－1に供給されるようになされている。画像データ記憶回路12は、図1の画像検査装置の例に加え、予め極座標変換した非検査対象モデル画像53を記憶する。

【0060】次に、図20のフローチャートを参照して、図19の画像検査装置の動作を説明する。ステップS101乃至ステップS104は、図2のステップS31乃至ステップS34に対応する処理なので、その説明は省略する。ステップS105において、サーチ演算回路11－1は、極座標変換後のワーク画像データを、予め極座標変換した検査対象モデル画像51で粗くサーチする。同時に、サーチ演算回路11－2は、極座標変換後のワーク画像データを、予め極座標変換した非検査対象モデル画像53で粗くサーチする。

【0061】ステップS106において、ワーク画像データに非検査対象画像モデル53が検出されたか否かが判定され、検出されたと判定された場合、手順はステップS107に進む。ステップS107において、サーチ演算回路11－2は検出対象の位置を予測し、その予測位置（サーチ範囲）を、サーチ演算回路11－1に出力する。ステップS108において、サーチ演算回路11－1は、サーチ演算回路11－2から入力されたサーチ範囲について、検査対象モデル画像51で、ワーク画像を精密にサーチする。

【0062】すなわち図21に示すように、プルタブの画像パターン212と飲み口の画像パターン213を持つ極座標変換後のワーク画像211の例を表している。サーチ演算回路11－2がワーク画像で飲み口の画像モデル53の画像パターン154を検出したと判定した場合、画像パターン214を検出した位置から、ワーク上でのプルタブと飲み口の位置関係、並びに極座標変換時の定数などで決まる範囲215には、ワーク画像上のプルタブの画像パターン212は、存在しない。そこで、画像パターン214を検出した位置と範囲215から、プルタブの画像パターンをスキャンするスタート位置216が算出される。これによりプルタブの画像パターンのスキャン範囲217は、ワーク画像211全体より狭くなり、サーチ演算回路11－1は、より早くプルタブの画像パターンを検出することができる。

【0063】ステップS109において、精密サーチの結果、相関値が閾値以上であるか否かが判定され、YESと判定された場合、画像検査装置1は、結果を出力して終了する。精密サーチの結果、相関値が閾値以下と判定された場合、手順はステップS112に進む。ステップS112において、画像検査装置1はエラー処理を実行して処理を終了する。

【0064】一方、ステップS106において、サーチ演算回路11－2がワーク画像データ上で非検査対象画像モデル53を検出できなかったと判定した場合、手順はステップS110に進む。ステップS110において、サーチ演算回路11－1が検査対象モデル画像51が検出されたか否かが判定され、検出されたと判定された場合、手順はステップS108に進む。この時、サーチ演算回路11－1は、ワーク画像の検査対象モデル画像51を検出した位置を中心とした範囲を、精密にサーチする。

【0065】ステップS110において、サーチ演算回路11－1が検査対象モデル画像51を検出しないと判定された場合、手順はステップS111に進む。ステップS111において、サーチ演算回路11－1及びサーチ演算回路11－2が、ワーク画像データを全てサーチしたか否かを判定し、全てをサーチしていなければ、手順は、ステップS106に戻り、それ以降の処理が継続される。ステップS111において、サーチ演算回路11－1及びサーチ演算回路11－2が、全ワーク画像領

域の終端に達したと判定された場合、手順はステップS112に進み、画像検査装置1は、エラー処理を実行して処理を終了する。

【0066】以上においては、ワークを缶詰としたが、その他のワークでも平面画像が略円形となるものであれば、本発明を適用することができる。

【0067】なお、上記したような処理を行うコンピュータプログラムをユーザに提供する記録媒体としては、磁気ディスク、CD-ROM、固体メモリなどの記録媒体の他、ネットワーク、衛星などの通信媒体を利用することができる。

【0068】

【発明の効果】以上のように、請求項1に記載の画像検査装置、請求項8に記載の画像検査方法、および請求項9に記載の記録媒体によれば、画像データを極座標変換し、予め極座標変換した基準画像データと比較するようにしたので、不定角度の回転移動を伴う円形のワーク上の検査対象を、迅速かつ確実に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の画像検査装置の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【図2】図1の画像検査装置の動作を説明するフローチャートである。

【図3】図1の画像検査装置の検査の対象となるワークの画像パターンの例を示す図である。

【図4】画像パターン上の点の極座標変換前の位置と極座標変換後の位置の関係を説明する図である。

【図5】極座標変換後のワークの画像パターンの例を示す図である。

【図6】ワークの中心部分に検査を必要としない領域を持つワークの画像パターンの例を示す図である。

【図7】ワークの外周部分に検査を必要としない領域を持つワークの画像パターンの例を示す図である。

【図8】ワークの中心部分及びワークの外周部分に検査を必要としない領域を持つワークの画像パターンの例を示す図である。

【図9】極座標変換後のワークの画像のサーチで複数の検出結果が得られた場合の動作を説明するフローチャートである。

【図10】パイプライン処理が可能な画像検査装置の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【図11】図10の画像検査装置の動作を説明するフローチャートである。

【図12】極座標変換後のワークの画像パターンのスキャンの方向を示す図である。

【図13】図10の画像検査装置のデータの流れを説明する図である。

【図14】図10の画像検査装置のデータの入出力タイミングを説明するタイミングチャートである。

【図15】極座標変換後のワークの画像パターンのスキャンの方向を極座標の中心方向とした例を示す図である。

【図16】複数の検査対象物を含んだワークの画像パターンの例を示す図である。

【図17】図16の検査対象を検査する画像検査装置の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【図18】検査対象物と非検査対象物を含んだワークの画像パターンの例を示す図である。

【図19】図18のワーク画像を検査する画像検査装置の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【図20】図19の画像検査装置の動作を説明するフローチャートである。

【図21】図19の画像検査装置のサーチ範囲の例を説明する図である。

【図22】従来の画像検査装置の一例の構成を示すブロック図である。

【図23】図22の画像検査装置の動作を説明するフローチャートである。

【図24】図22の画像検査装置の検査方法を説明する図である。

【符号の説明】

1　画像検査装置

11，11－1，11－2　サーチ演算回路

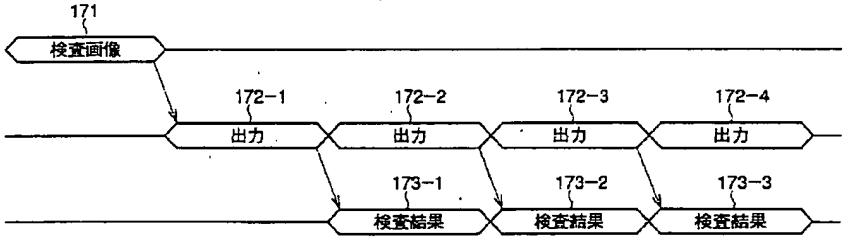
12　画像データ記憶回路

41　演算回路

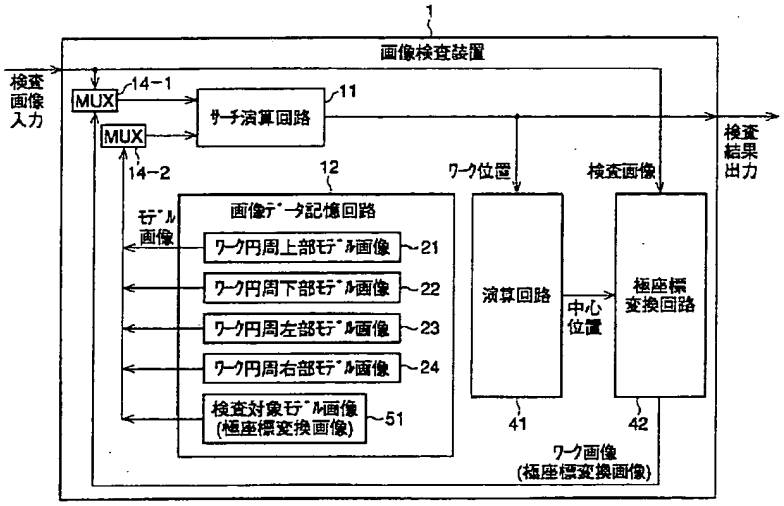
42　極座標変換回路

141　演算回路

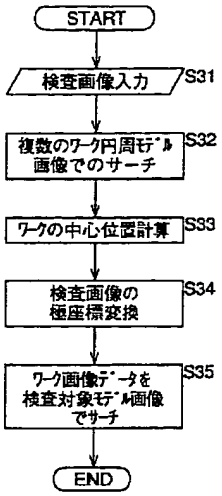
【図14】



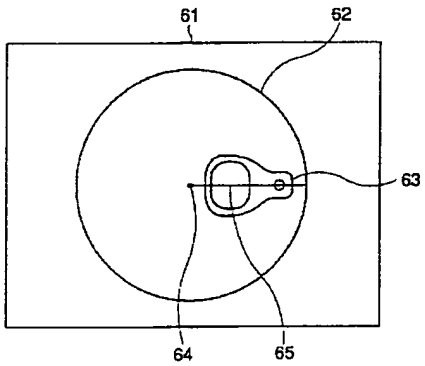
【図1】



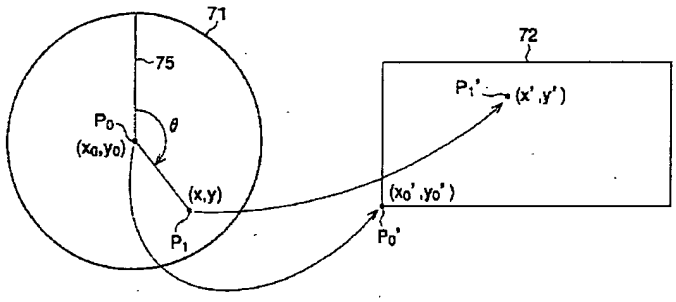
【図2】



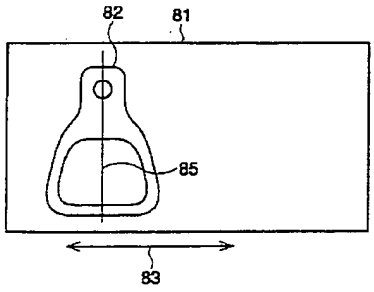
【図3】

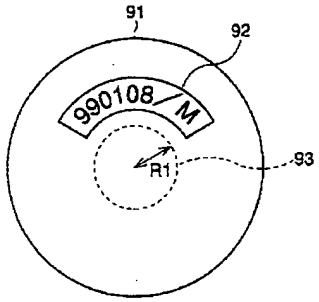


【図4】



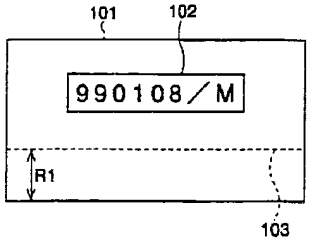
【図5】





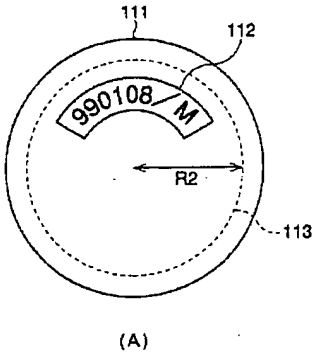
(A)

【図6】

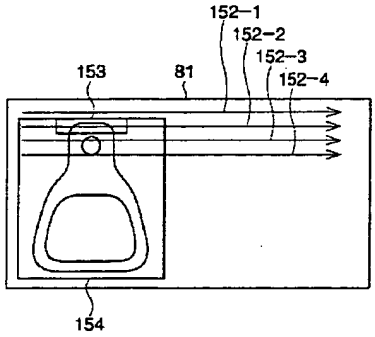


(B)

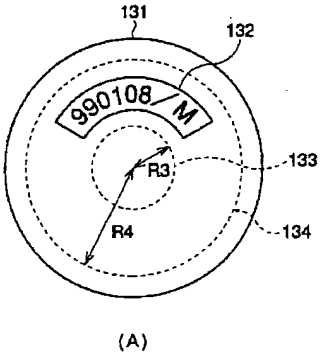
【図7】



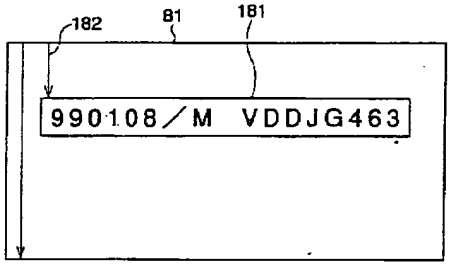
【図12】



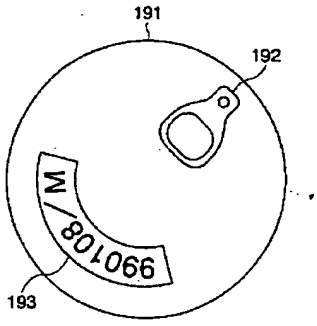
【図8】



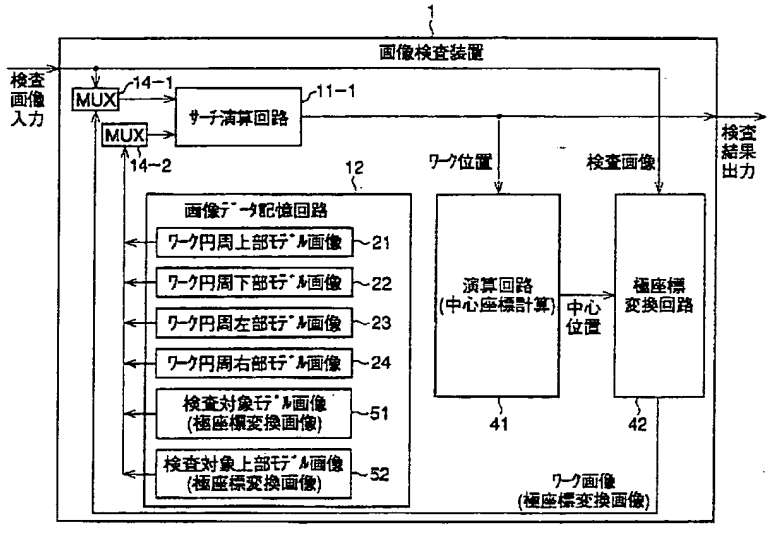
【図15】



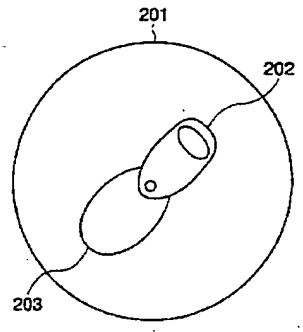
【図16】



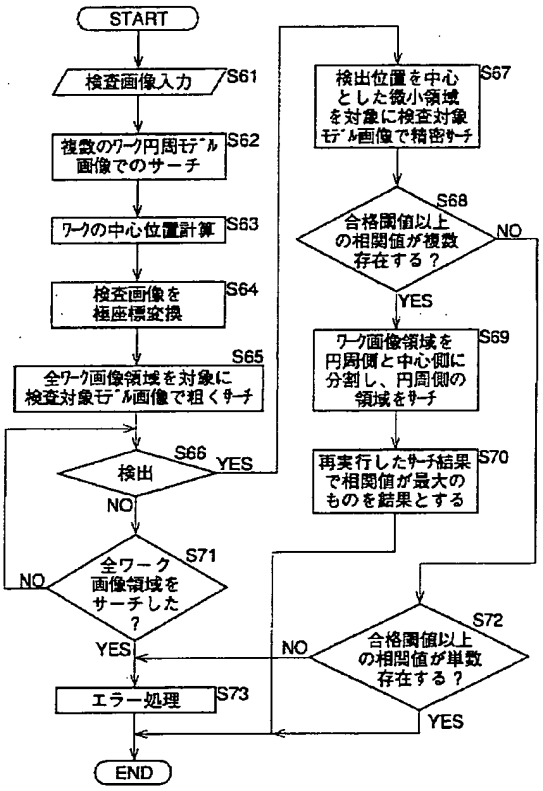
【図10】



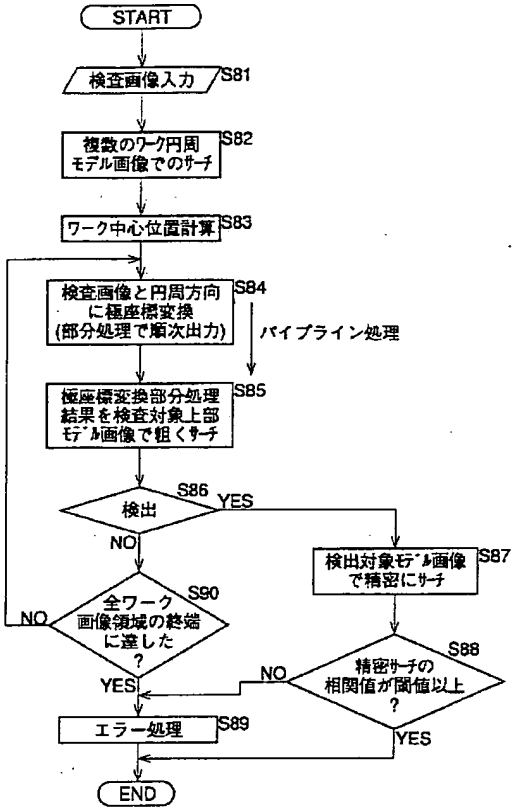
【図18】



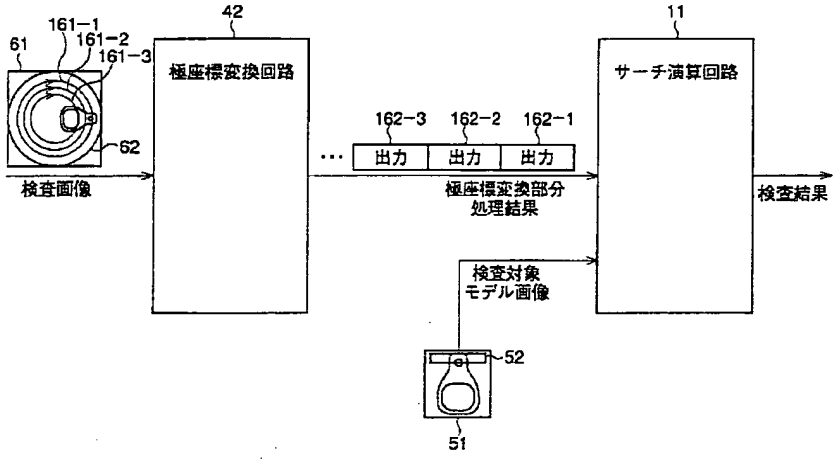
【図9】


START
検査画像入力
S61
複数のワーク円周モデル画像でのサーチ
S62
ワークの中心位置計算
S63
検査画像を極座標変換
S64
全ワーク画像領域を対象に検査対象モデル画像で粗くサーチ
S65
検出
S66
YES
NO
全ワーク画像領域をサーチした？
S71
NO
YES
エラー処理
S73
END
検出位置を中心とした微小領域を対象に検査対象モデル画像で精密サーチ
S67
合格閾値以上の相関値が複数存在する？
S68
NO
YES
ワーク画像領域を円周側と中心側に分割し、円周側の領域をサーチ
S69
再実行したサーチ結果で相関値が最大のものを結果とする
S70
合格閾値以上の相関値が単数存在する？
S72
NO
YES

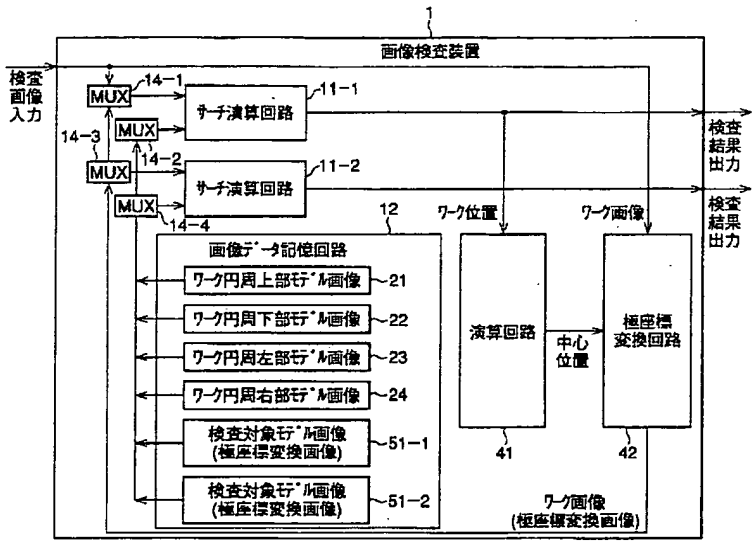
【図11】


START
検査画像入力
S81
複数のワーク円周モデル画像でのサーチ
S82
ワーク中心位置計算
S83
検査画像と円周方向に極座標変換(部分処理で順次出力)
S84
パイプライン処理
極座標変換部分処理結果を検査対象上部モデル画像で粗くサーチ
S85
検出
S86
YES
NO
検出対象モデル画像で精密にサーチ
S87
全ワーク画像領域の終端に達した？
S90
NO
YES
精密サーチの相関値が閾値以上？
S88
NO
YES
エラー処理
S89
END

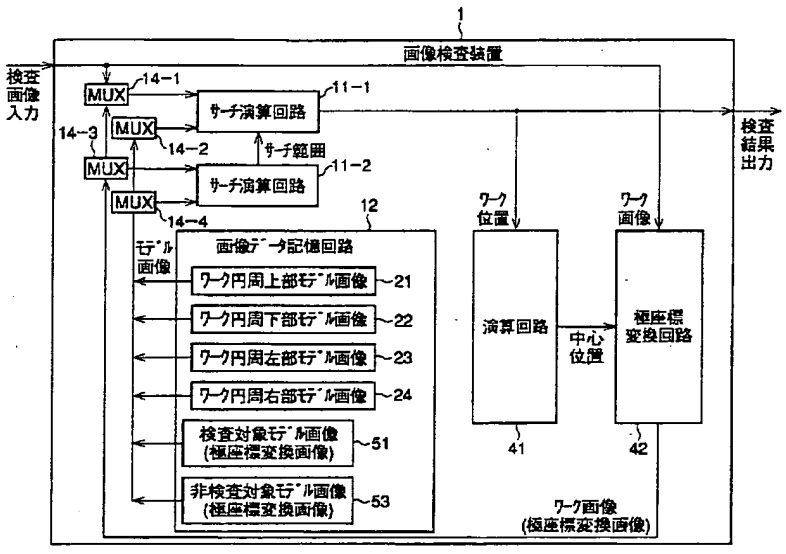
【図13】


61
161－1
161－2
161－3
62
検査画像
42
極座標変換回路
162－3
162－2
162－1
出力
出力
出力
極座標変換部分処理結果
11
サーチ演算回路
検査結果
検査対象モデル画像
52
51

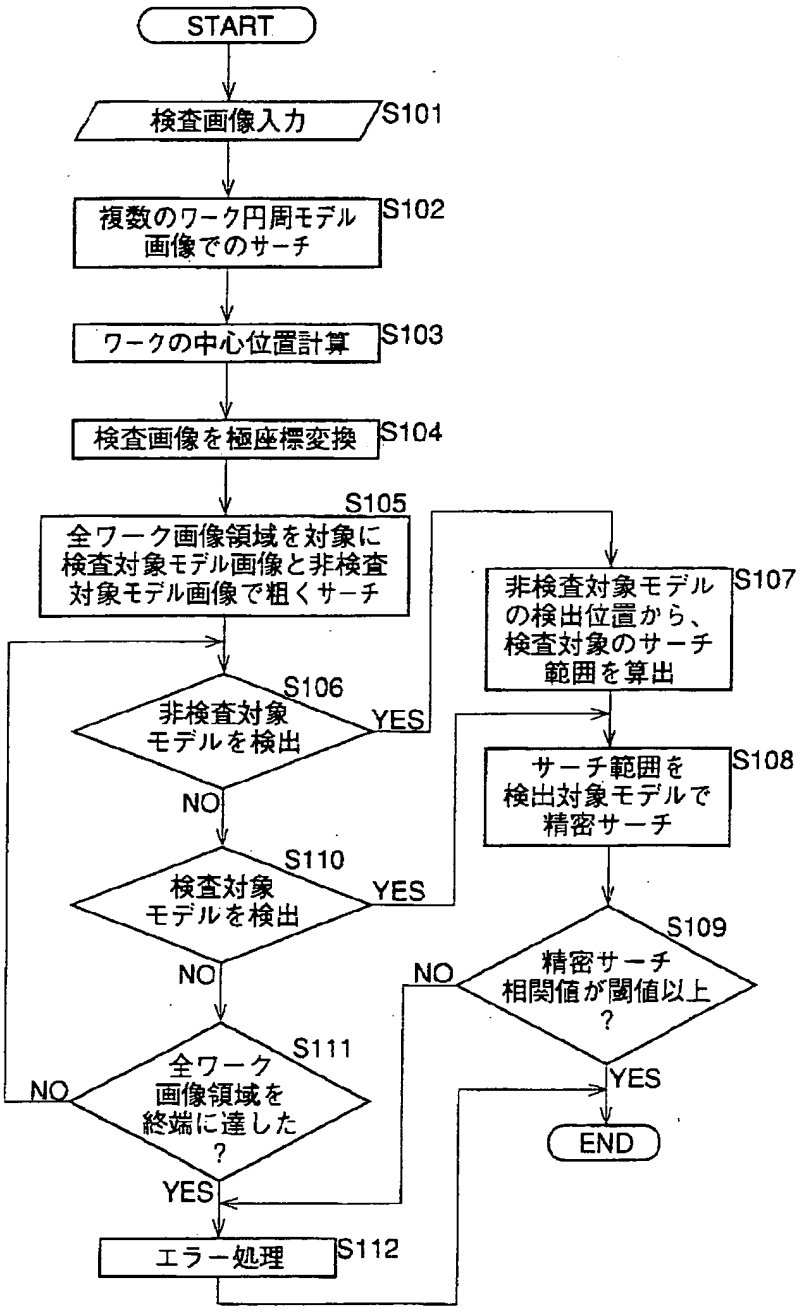
【図17】


1
画像検査装置
検査画像入力
MUX
14-1
サーチ演算回路
11-1
14-3
14-2
サーチ演算回路
11-2
14-4
検査結果出力
検査結果出力
12
ワーク位置
ワーク画像
画像データ記憶回路
ワーク円周上部モデル画像
21
ワーク円周下部モデル画像
22
ワーク円周左部モデル画像
23
ワーク円周右部モデル画像
24
検査対象モデル画像(極座標変換画像)
51-1
検査対象モデル画像(極座標変換画像)
51-2
演算回路
中心位置
極座標変換回路
41
42
ワーク画像(極座標変換画像)

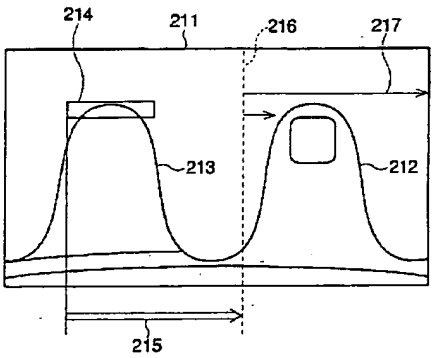
【図19】


1
画像検査装置
検査画像入力
MUX
14-1
サーチ演算回路
11-1
検査結果出力
14-3
MUX
14-2
サーチ範囲
MUX
サーチ演算回路
11-2
MUX
14-4
12
ワーク位置
ワーク画像
モデル画像
画像データ記憶回路
ワーク円周上部モデル画像
21
ワーク円周下部モデル画像
22
ワーク円周左部モデル画像
23
ワーク円周右部モデル画像
24
検査対象モデル画像(極座標変換画像)
51
非検査対象モデル画像(極座標変換画像)
53
演算回路
中心位置
極座標変換回路
41
42
ワーク画像(極座標変換画像)

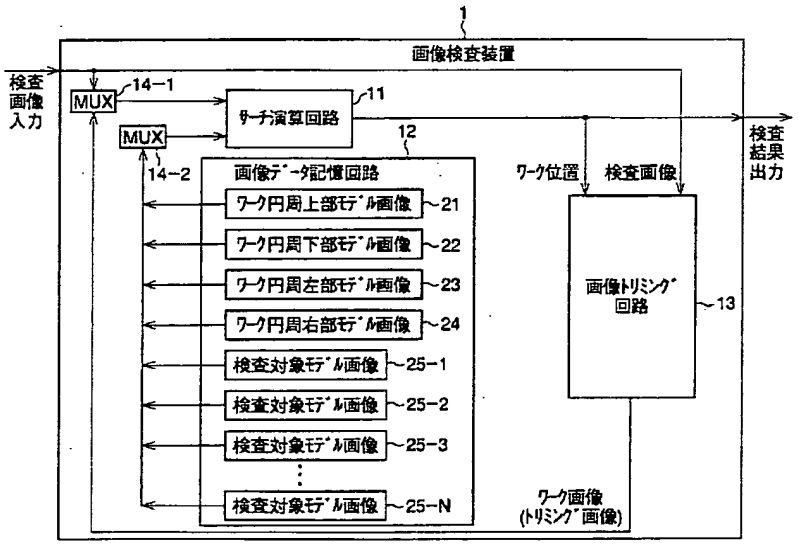
【図20】


START
検査画像入力
S101
複数のワーク円周モデル画像でのサーチ
S102
ワークの中心位置計算
S103
検査画像を極座標変換
S104
S105
全ワーク画像領域を対象に検査対象モデル画像と非検査対象モデル画像で粗くサーチ
S106
非検査対象モデルを検出
YES
NO
S107
非検査対象モデルの検出位置から、検査対象のサーチ範囲を算出
S108
サーチ範囲を検出対象モデルで精密サーチ
S109
精密サーチ相関値が閾値以上？
NO
YES
END
S110
検査対象モデルを検出
YES
NO
S111
全ワーク画像領域を終端に達した？
NO
YES
エラー処理
S112

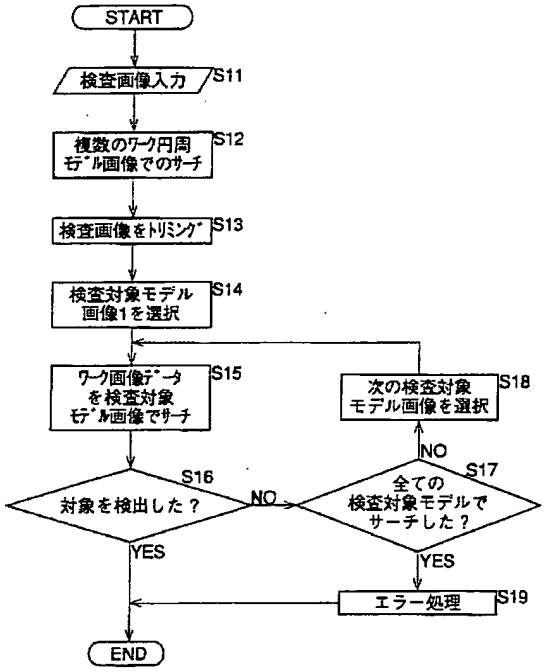
【図21】


214
211
216
217
213
212
215

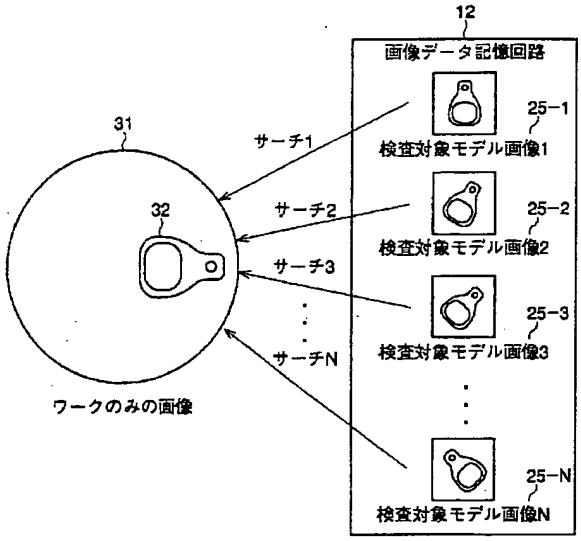
【図22】


1
画像検査装置
検査画像入力
MUX
14－1
MUX
14－2
サーチ演算回路
11
12
画像データ記憶回路
ワーク円周上部モデル画像
21
ワーク円周下部モデル画像
22
ワーク円周左部モデル画像
23
ワーク円周右部モデル画像
24
検査対象モデル画像
25－1
検査対象モデル画像
25－2
検査対象モデル画像
25－3
検査対象モデル画像
25－N
ワーク位置
検査画像
画像トリミング回路
13
ワーク画像(トリミング画像)
検査結果出力

【図23】


START
検査画像入力
S11
複数のワーク円周モデル画像でのサーチ
S12
検査画像をトリミング
S13
検査対象モデル画像1を選択
S14
ワーク画像データを検査対象モデル画像でサーチ
S15
対象を検出した？
S16
NO
YES
全ての検査対象モデルでサーチした？
S17
NO
次の検査対象モデル画像を選択
S18
YES
エラー処理
S19
END

【図24】


12
画像データ記憶回路
31
32
ワークのみの画像
サーチ1
サーチ2
サーチ3
サーチN
25－1
検査対象モデル画像1
25－2
検査対象モデル画像2
25－3
検査対象モデル画像3
25－N
検査対象モデル画像N